

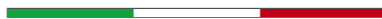


Ministero dello Sviluppo Economico

Ricevuta di presentazione

per

Brevetto per invenzione industriale



Domanda numero: 102021000019766

Data di presentazione: 23/07/2021

DATI IDENTIFICATIVI DEL DEPOSITO

Ruolo	Mandatario
Depositante	Giampaolo Palma
Data di compilazione	23/07/2021
Riferimento depositante	1200671IN
Titolo	Metodo e apparato per acquisire immagini di oggetti tridimensionali reali o virtuali e visualizzare gli oggetti acquisiti su schermi fisici o in ambiente virtuale
Carattere domanda	Ordinaria
Esenzione	NO
Accessibilità al pubblico	NO
Numero rivendicazioni	30
Autorità depositaria	

PRIVACY

Autorizzo il trattamento dei dati personali, inseriti all'interno del deposito, ai sensi del GDPR (Regolamento UE 2016/679) e del Decreto Legislativo 30 giugno 2003, n. 196 "Codice in materia di protezione dei dati personali"

RICHIEDENTE/I

Natura giuridica	Persona giuridica
Denominazione	ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
P.IVA/CF	06838821004
Tipo Società	le amministrazioni pubbliche aventi tra i loro scopi istituzionali finalita' di ricerca
Nazione sede legale	Italia

Comune sede legale	Roma (RM)
Indirizzo	Via Di Vigna Murata
Civico	605
CAP	00143
Telefono	
Fax	
Email	
Pec	
Quota percentuale	100.0%

DOMICILIO ELETTIVO

Cognome/R.sociale	Luppi Intellectual Property Srl
Indirizzo	viale Corassori 54
Cap	41124
Nazione	Italia
Comune	Modena (MO)
Telefono	059 - 359916
Fax	059 - 359226
Email\PEC	brevetti@lcpat.it

MANDATARI/RAPPRESENTANTI

Cognome	Nome
Palma	Giampaolo
Candito	Rocco
Coloberti	Luigi
Crugnola	Pietro
Molinari	Marinella
Savini	Stefania
Siniscalco	Fabio

Villanova

Massimo

INVENTORI

Cognome	Nome	Nazione residenza
CARAMELLI	Antonio	Italia
TABARELLI DE FATIS	Stefano	Italia
GALLO	David	Italia
BECHINI	Andrea	Italia

CLASSIFICAZIONI

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	03	B	35	

NUMERO DOMANDE COLLEGATE

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

Tipo documento	Riserva	Documento
Rivendicazioni	NO	1200671in_Rivendicazioni.pdf.p7m hash: 5891f414cdc1979fab66bfca8d0d6d45
Disegni	NO	1200671in_Tavole di disegno.pdf.p7m hash: df810097a6336278c432d75d3b2d7d54
Lettera di Incarico	NO	1200671in_Lettera di Incarico firmata in Bollo.pdf.p7m hash: cebab3b8eab20b05417e35d5dad34452
Riassunto	NO	1200671in_Riassunto.pdf.p7m hash: 3cc757f02039a6f8c6257bf2550d3db3
Rivendicazioni in inglese	NO	1200671in_Rivendicazioni EN.pdf.p7m hash: caaca4240397ab40d9428c7e1beabef4
Descrizione in italiano*	NO	1200671in_Descrizione.pdf.p7m hash: 4abd54314f4d8f41dd0cd78bf0e19e22

PAGAMENTI

Tipo	Identificativo	Data
Bollo	01190605554703	24/08/2020

ESENZIONI INDICATE

Esenzione su diritti e tasse	DM 02/04/2007 - art. 2: esonero dal pagamento dei diritti di deposito e di trascrizione relativamente ai brevetti per invenzioni industriali, e modelli di utilita' a vantaggio di: Universita'; Amministrazioni Pubbliche aventi fra i loro scopi istituzionali finalita' di ricerca; Amministrazioni della Difesa; Amministrazioni delle Politiche Agricole, alimentari e forestali.
------------------------------	--

DOVUTO

Gli importi indicati non tengono conto delle eventuali esenzioni applicabili

Importo Tasse:	€ 950,00
Importo Imposta Bollo:	€ 20,00

NOTE

Descrizione di invenzione industriale

A nome: ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Inventori designati: CARAMELLI Antonio; TABARELLI DE FATIS Stefano; GALLO David; BECHINI Andrea

5 Classe IPC: G 03 B 35

Metodo e apparato per acquisire immagini di oggetti tridimensionali reali o virtuali e visualizzare gli oggetti acquisiti su schermi fisici o in ambiente virtuale

10 [0001] L'invenzione riguarda un metodo e un apparato per acquisire immagini di oggetti tridimensionali reali o virtuali e visualizzare gli oggetti così acquisiti su schermi fisici o in un ambiente virtuale, calcolando l'immagine dell'oggetto in funzione del punto di osservazione a partire dai dati delle immagini acquisite.

[0002] Al fine di riprodurre immagini di un oggetto reale (tridimensionale) con la possibilità di variare il punto di osservazione (distanza e angolo), sono noti e utilizzati vari metodi implementati da software (motori di rendering) che prevedono necessariamente, come punto di partenza, un modello tridimensionale digitale (formato da un insieme di punti o poligoni con coordinate spaziali).

[0003] Per ottenere il modello tridimensionale dell'oggetto sono noti e utilizzati tre metodi principali.

20 [0004] Un primo metodo comprende modellare manualmente l'oggetto mediante un software CAD o simile, con enorme impegno di lavoro nel caso di oggetti complicati.

[0005] Un secondo metodo comprende acquisire un numero elevato di immagini dell'oggetto utilizzando una fotocamera di tipo noto, che viene movimentata (manualmente oppure in modo meccanizzato) attorno all'oggetto durante la fase di acquisizione delle immagini. Le immagini così acquisite vengono elaborate utilizzando specifici software, così da produrre un modello tridimensionale dell'oggetto. Il modello tridimensionale è ottenuto partendo da una nuvola di punti, che vengono uniti a definire una pluralità di poligoni, formanti il reticolo o mesh poligonale. Al suddetto reticolo, che approssima la forma dell'oggetto reale, viene applicato un contenuto in colore (creazione della c.d. texture) così da ottenere una o più immagini georeferenziate (ossia, immagini i cui punti sono associati ad informazione sulla loro posizione spaziale), che danno come risultato un'immagine cromatica finale simile all'oggetto di partenza.

[0006] Il terzo metodo differisce dal secondo metodo sopra descritto per il fatto di utilizzare un apparato specifico (ad esempio, lo scanner 3D Artec Space Spider, che consente

una accuratezza di rilevazione fino a 0,05 mm) al posto della fotocamera. Il suddetto apparato consente di effettuare una scansione tridimensionale dell'oggetto, associando colore e posizione spaziale ad ogni punto rilevato. In base alle dimensioni dell'oggetto da riprodurre, la scansione può essere effettuata movimentando l'oggetto meccanicamente
5 oppure utilizzando manipoli, liberamente movimentabili da un utilizzatore attorno all'oggetto.

[0007] Tutti e tre i suddetti metodi mirano al risultato di ottenere una nuvola di punti che approssimi il più possibile per posizione e colore i corrispondenti punti dell'oggetto reale.

[0008] Si noti che acquisire una serie di immagini dell'oggetto da un gran numero di
10 direzioni radiali non consente di avere immagini realistiche in funzione della distanza dall'oggetto: spostando il punto di osservazione lungo l'asse che parte dal baricentro dell'oggetto e si allontana dall'oggetto, le immagini reali sono diverse e corrisponderebbero a quelle radiali solo nel punto di ripresa delle stesse.

[0009] Tuttavia, nella maggior parte dei casi i metodi noti forniscono immagini di qualità
15 scadente, con elevate approssimazioni spaziali (errori) rispetto alla superficie reale dell'oggetto da riprodurre, oppure, in alternativa, il grande numero di punti/poligoni non consente una visualizzazione fluida nel caso in cui si desideri variare l'angolo di visione, ad esempio ruotando l'oggetto visualizzato.

[0010] Inoltre, il colore acquisito è solitamente uno solo e la variazione di quest'ultimo in
20 funzione dell'illuminazione dell'ambiente virtuale viene ottenuta mediante calcolo, senza tenere conto della difformità di assorbimento in funzione dell'angolo di incidenza della luce. Ciò ad eccezione del primo metodo sopra descritto, in alcuni casi complicati non praticabile, nel quale vengano inseriti in fase di modellazione i dati relativi alle proprietà delle superfici e gli indici di rifrazione dei materiali semitrasparenti. Quest'ultima proprietà non è
25 determinata in fase di scansione e non può quindi essere utilizzata in fase di visualizzazione virtuale (rendering). Per questo motivo, è solitamente impossibile acquisire correttamente l'immagine di oggetti che comprendano porzioni di superficie esterna riflettente. Per cercare di superare questo inconveniente, si utilizzano spray antiriflesso, che tuttavia falsano l'aspetto dell'oggetto da riprodurre in fase di visualizzazione.

[0011] Data l'attuale e crescente importanza assunta dalla riproduzione di immagini di
30 oggetti reali o virtuali su schermi fisici o in ambiente virtuale, sia per l'attività professionale (ad esempio, scansione di reperti archeologici per studi a distanza) che per l'attività ludica (ad esempio, videogiochi), i tecnici del settore (ad esempio, archeologi e sviluppatori di

videogiochi) avvertono fortemente la necessità di metodi e/o apparati che consentano di superare gli inconvenienti sopra descritti.

[0012] Scopi dell'invenzione

5 [0013] Uno scopo è migliorare i metodi e gli apparati per acquisire immagini di oggetti tridimensionali reali da utilizzare per generare immagini di detti oggetti da qualsiasi punto di osservazione, da visualizzare su schermi fisici o in un ambiente virtuale.

10 [0014] Un altro scopo dell'invenzione è fornire un metodo di visualizzazione di oggetti tridimensionali fruibile su schermi fisici o in un ambiente virtuale, che sia in grado di produrre le immagini dei suddetti oggetti tridimensionali con ridotta approssimazione e quindi con un errore significativamente ridotto, semplificando i calcoli necessari e consentendo di conseguenza una maggiore rapidità di visualizzazione, senza la necessità di costruire preliminarmente un modello tridimensionale digitale.

15 [0015] Un ulteriore scopo è fornire un metodo e un apparato per acquisire immagini di oggetti tridimensionali che consentano di acquisire correttamente le suddette immagini anche nel caso di oggetti comprendenti porzioni di superficie esterna riflettente.

[0016] Breve descrizione dell'invenzione

20 [0017] In un primo aspetto dell'invenzione, è previsto un metodo per acquisire una pluralità di immagini di un oggetto tridimensionale e costruire una immagine finale tramite la quale visualizzare detto oggetto in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico, come definito nella rivendicazione 1.

[0018] In un secondo aspetto dell'invenzione, è previsto un apparato per acquisire una pluralità di immagini di un oggetto tridimensionale e costruire una immagine finale tramite la quale visualizzare detto oggetto in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico, come definito nella rivendicazione 9.

25 [0019] Grazie a questi aspetti, vengono resi disponibili un metodo e un apparato che consentono di superare gli inconvenienti della tecnica nota precedentemente descritti.

30 [0020] Il metodo e l'apparato secondo l'invenzione consentono di ottenere l'immagine di un oggetto visto da qualunque angolo e da qualsiasi distanza (ossia da qualunque punto di osservazione) senza avere prima determinato il modello tridimensionale dell'oggetto, bensì calcolando l'immagine finale a partire dai dati di un numero finito di immagini dell'oggetto, acquisite ad una determinata distanza e secondo vari angoli.

[0021] Il luogo dei punti da cui vengono acquisite le immagini, che può essere una griglia di punti rettangolare bidimensionale oppure la superficie di una sfera che avvolge l'oggetto

acquisito, diventa l'equivalente del modello tridimensionale classico da visualizzare su uno schermo fisico o all'interno di un ambiente virtuale.

[0022] Sulla superficie di tale griglia saranno "renderizzati" i punti che simuleranno la visione attraverso la griglia dell'oggetto precedentemente acquisito, in funzione del punto di osservazione.

[0023] La griglia simula, a tutti gli effetti, la superficie di un ologramma nel quale è stata impressa l'immagine tridimensionale dell'oggetto.

[0024] In particolare, il metodo, che consente di generare l'equivalente di una immagine olografica virtuale, e l'apparato, utilizzando un dispositivo divisore di fascio al fine di superare l'inconveniente connesso alla presenza di aree riflettenti nella superficie esterna dell'oggetto da acquisire, offrono ad un utilizzatore la possibilità di visualizzare efficacemente un oggetto tridimensionale su uno schermo fisico o in un ambiente virtuale, con un tempo di calcolo inferiore alle tecniche note.

[0025] L'oggetto tridimensionale può essere visualizzato con un livello di qualità che è incrementabile a piacere, in funzione della quantità di immagini acquisite e della risoluzione delle stesse. L'aumento delle informazioni non aumenta sensibilmente i tempi e la capacità di calcolo necessaria del sistema utilizzato, mentre richiede una maggiore quantità di memoria, in cui memorizzare i dati.

[0026] Diversamente dai metodi noti, in cui sono indispensabili i dati del modello tridimensionale digitale (ossia l'insieme di punti o poligoni con coordinate spaziali) e nei quali è indispensabile effettuare una elevata quantità di calcoli per determinare ogni punto della immagine finale, il metodo secondo l'invenzione prevede di ottenere una pluralità di immagini da una corrispondente pluralità di punti di osservazione intorno all'oggetto, nel caso di un oggetto virtuale, oppure di acquisire direttamente tale pluralità di immagini nel caso di un oggetto reale. Le immagini ottenute dall'oggetto virtuale o acquisite dall'oggetto reale vengono poi utilizzate per calcolare rapidamente, tramite il metodo secondo l'invenzione, qualsiasi immagine finale dell'oggetto presa da qualsiasi punto di osservazione (ossia qualsiasi angolo e distanza), immagine finale che sarebbe vista da un osservatore attraverso il luogo di punti (griglia) da cui sono state riprese le immagini dell'oggetto.

[0027] Ogni immagine ottenuta o acquisita è utilizzata per stabilire quale pixel fare apparire esattamente dalla posizione in cui è stata acquisita l'immagine, in funzione del punto di osservazione.

[0028] Le posizioni da cui acquisire le immagini possono essere distribuite uniformemente su di una superficie sferica virtuale che avvolge l'oggetto oppure, con limitazioni per il punto di osservazione, possono essere distribuite su di una superficie piana virtuale posizionata davanti all'oggetto (caso semplice descritto nel seguito, a titolo esemplificativo). L'insieme delle posizioni (punti) da cui sono acquisite le immagini costituisce una griglia virtuale che diventerà il luogo dei punti dell'immagine virtuale, dove in ogni punto è presente il colore corrispondente alla porzione di immagine acquisita nella medesima direzione dell'angolo di incidenza di osservazione. In altre parole, ogni punto cambia in funzione dell'angolo di osservazione, facendo apparire una porzione dell'immagine acquisita da quel punto.

[0029] La superficie su cui risiedono tali punti è equivalente ad un televisore autostereoscopico ideale o ad un ologramma digitale. Al pari di un ologramma, nel quale non è presente una semplice immagine ma l'equivalente di un fronte d'onda che consente di vedere da più angoli di osservazione l'oggetto che ha impressionato la pellicola olografica, in funzione dell'angolo di osservazione, allo stesso modo sulla griglia, da cui sono state prese le immagini di partenza, sono calcolate le immagini finali corrispondenti all'oggetto osservato da una determinata posizione (distanza e angolo).

[0030] Il metodo e l'apparato secondo l'invenzione possono essere applicati al settore dei videogiochi e utilizzati in combinazione con modelli tridimensionali noti, in particolare modelli tridimensionali poligonali.

[0031] Infatti, sebbene il metodo secondo l'invenzione richieda un'elevata quantità di memoria per essere attuato e risulti quindi idoneo ad un uso essenzialmente professionale, è ragionevole pensare che l'apparato e il metodo secondo l'invenzione possano essere utilizzati anche per produrre videogiochi. In particolare, l'attuale diffusione dei videogiochi multi-player con operazioni di calcolo e memoria centralizzate su cloud, può consentire l'uso del metodo e dell'apparato secondo l'invenzione per incrementare il livello di realismo di un videogioco, senza tuttavia costringere ciascun utilizzatore (giocatore online) ad acquistare un hardware sofisticato.

[0032] Breve descrizione dei disegni

[0033] L'invenzione potrà essere meglio compresa ed attuata con riferimento agli allegati disegni che ne illustrano una forma esemplificativa e non limitativa di attuazione, in cui:

[0034] Le Figure da 1 a 5 sono disegni schematici che illustrano le basi teoriche del metodo secondo l'invenzione;

[0035] Figura 6 è un disegno schematico, illustrante una fase del metodo secondo l'invenzione, ossia la fase in cui viene costruita una immagine a partire dalle immagini acquisite per consentirne la visualizzazione in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico;

5 [0036] Figura 7 è una vista schematica laterale e parzialmente sezionata di un apparato secondo l'invenzione;

[0037] Figura 8 è una vista frontale schematica mostrante uno schermo bidimensionale, fisico o virtuale, che coincide con la superficie (griglia) da cui sono state prese le immagini, sul quale è ricostruita l'immagine finale dell'oggetto in funzione del punto di osservazione.

[0038] Descrizione dettagliata dell'invenzione

10 [0039] Con riferimento alle Figure 1-5, vengono di seguito preliminarmente descritte le basi teoriche dell'invenzione.

[0040] La Figura 1 mostra un oggetto tridimensionale T raffigurato con un quadrilatero, ad esempio una sezione di un contenitore contenente un liquido (ad esempio, acqua), in cui una pluralità di corpuscoli solidi opachi V fluttua in sospensione. Alla sinistra dell'oggetto T è
15 posizionata una ipotetica griglia W, in cui è definita una pluralità di fori $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m, \dots, A_{ntot}$.

[0041] La griglia W è una matrice bidimensionale di fori (corrispondente allo schermo bidimensionale mostrato in Figura 8) ed è formata da un numero complessivo di fori indicato con "ntot".

20 [0042] Indicando con n il numero di colonne della griglia W e con n' il numero di righe della griglia W, essendo anche n il numero di fori ottenibili su ciascuna riga ed n' il numero di fori ottenibili su ciascuna colonna, indicando con il simbolo * l'operatore moltiplicazione, si ha la relazione: $ntot = n * n'$.

[0043] Nelle Figure 1-5 e 8 è mostrata solo la sezione relativa a una generica riga m',
25 compresa tra 1 e n', della griglia W, lungo la quale riga m' sono dislocati n fori. È indicato con A_m un generico foro sulla riga m' compreso tra A_1 e A_{ntot} .

[0044] Analogamente è mostrato nelle Figure ciò che avviene su di una sezione relativa alla riga m' per altri componenti bidimensionali quali schermi e immagini avendo presente che diversamente si tratta di componenti bidimensionali (o tridimensionali nel caso di calotte
30 sferiche).

[0045] Successivamente verrà esteso il ragionamento a tutte le righe e le colonne che compongono la griglia W.

[0046] In Figura 1, alla sinistra della griglia W è posizionato un ipotetico schermo piano S_m , avente dimensioni teoricamente infinite e in grado di ricevere una pluralità di raggi luminosi R (raffigurati come linee rette), provenienti da punti differenti dell'oggetto T e incidenti sullo schermo piano S_m secondo angoli variabili. I raggi luminosi R attraversano tutti la griglia W in corrispondenza di un medesimo foro A_m posizionato approssimativamente nel punto medio della griglia W. Sullo schermo piano S_m si formerà quindi l'immagine osservabile attraverso il foro A_m . Se lo schermo piano S_m fosse una pellicola fotografica, il foro A_m potrebbe essere considerato come il foro stenopeico di una camera oscura, attraverso il quale l'immagine viene proiettata sulla pellicola fotografica.

[0047] Lo schermo piano S_m di dimensioni infinite può essere ipoteticamente sostituito da uno schermo a forma di calotta semisferica C_m di dimensioni finite (Figura 2), la cui faccia concava è rivolta verso il foro A_m ed è in grado di catturare tutti i raggi luminosi R attraversanti il foro A_m . Nella seguito della descrizione e nelle rivendicazioni allegate, i termini "schermo a forma di calotta semisferica" e "calotta semisferica" sono considerati sinonimi e utilizzati in modo reciprocamente interscambiabile. Sempre ipoteticamente, la singola calotta semisferica C_m potrebbe essere sostituita da una pluralità di calotte semisferiche (ossia, una pluralità di schermi a forma di calotte semisferiche) $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$, corrispondenti alla pluralità di fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$ della griglia W (Figura 3).

[0048] La Figura 4 illustra schematicamente una situazione in cui l'oggetto T venga osservato attraverso la griglia W da due differenti punti di osservazione O_1 e O_2 . I raggi luminosi R provenienti da un punto (angolo) T_1 dell'oggetto T attraversano la griglia W in corrispondenza di due differenti fori per raggiungere i due punti O_1 e O_2 . Al contempo, raggi luminosi provenienti da punti differenti dell'oggetto T attraversano un medesimo foro della griglia W per raggiungere i due punti O_1 e O_2 . Ad esempio, un raggio luminoso R_1 proveniente dal punto T_1 dell'oggetto T e diretto verso il punto O_2 attraversa il foro A_m . Quest'ultimo è tuttavia attraversato anche dal raggio luminoso R_2 proveniente da un corpuscolo V_1 fluttuante all'interno dell'oggetto T e diretto verso il punto O_1 .

[0049] Visualizzare l'oggetto T oltre la griglia W significa proiettare oltre la griglia W ciò che è visibile da diverse angolazioni attraverso ogni foro della pluralità di fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$. Ciò che è visibile attraverso ogni foro della pluralità di fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_n$ è ciò che forma l'immagine su ogni calotta semisferica della pluralità di calotte semisferiche $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$.

[0050] Pertanto, posizionando al posto dell'oggetto T una pluralità di calotte emisferiche $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$ per ciascun foro $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$ della griglia W e posizionando all'interno di ogni calotta emisferica $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$ (ossia, posizionando nella concavità di ogni calotta emisferica $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$) le immagini visibili attraverso i corrispondenti fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$, verranno generati i medesimi raggi luminosi che attraverserebbero i fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$ qualora fossero generati dall'oggetto T (Figura 5). Nella Figura 5 il quadrilatero in linea tratteggiata rappresenta l'oggetto virtuale T che un ipotetico osservatore vedrebbe dai due punti di osservazione O_1 e O_2 , laddove l'osservatore in realtà vede - attraverso i fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$ della griglia W - varie porzioni delle immagini nelle varie calotte $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$, all'interno delle quali ci sono le immagini complete dell'oggetto T, come acquisite dal rispettivo foro $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$.

[0051] La modalità di riproduzione di immagini sopra descritta è attuabile su schermi fisici o in ambiente virtuale, ossia un oggetto tridimensionale da visualizzare in un ambiente virtuale può essere ivi riprodotto sulla base di informazioni contenute nelle immagini formate nelle calotte emisferiche sopra ipotizzate.

[0052] Con riferimento alla Figura 6, viene descritto in dettaglio nel seguito un procedimento - ideato dagli Inventori e incorporato nel metodo secondo l'invenzione - per riprodurre un oggetto tridimensionale, ossia per visualizzare quest'ultimo, su schermi fisici o in un ambiente virtuale. Nella Figura 6, gli elementi mostrati in precedenza nelle Figure 1-5 sono indicati con il medesimo numero, o la medesima lettera, di riferimento.

[0053] La Figura 6 mostra un caso semplice per illustrare il metodo secondo l'invenzione, in cui al posto della pluralità di calotte sferiche $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$ precedentemente descritta è prevista una pluralità di schermi piani virtuali $S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$. Per motivi di semplicità e chiarezza, è mostrato un solo schermo piano (S_m) e di quest'ultimo viene rappresentata solo una riga. Di seguito è indicato con r il numero di colonne (risoluzione orizzontale o risoluzione di colonna) e con r' il numero di righe (risoluzione verticale o risoluzione di riga) di una fotocamera utilizzata per l'acquisizione di immagini. La risoluzione di riga r' e la risoluzione di colonna r possono essere due numeri uguali, oppure la risoluzione di riga r' può essere maggiore della risoluzione di colonna r , oppure la risoluzione di colonna r può essere maggiore di detta risoluzione di riga r' .

[0054] Di seguito è descritto come calcolare la porzione della riga dello schermo virtuale S_m che è vista attraverso il foro A_m . La riga dello schermo S_m è costituita da una pluralità di

elementi finiti (pixel), corrispondenti numericamente alla risoluzione orizzontale r del sensore della fotocamera. Le immagini sugli schermi virtuali $S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$ corrispondono a quelle dell'oggetto, acquisite da posizioni corrispondenti ai fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$.

5 [0055] La Figura 6 mostra una riga della griglia W virtuale con $ntot$ fori, un osservatore, o più esattamente un punto di osservazione, O_X virtuale e la summenzionata riga di uno schermo piano virtuale S_m , parallelo alla griglia W . La griglia W è interposta tra il punto di osservazione O_X e lo schermo piano virtuale S_m . Lo schermo piano S_m è posto ad una prima distanza $D1$ dalla griglia W e il punto di osservazione O_X è posto ad una seconda distanza
10 $D2$ dalla griglia W . Essendo lo schermo S_m virtuale, per semplificare i calcoli la prima distanza $D1$ può essere fissata uguale alla seconda distanza $D2$.

[0056] Come precedentemente descritto con riferimento alle Figure 2 e 3, gli schermi $S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$ possono essere costituiti da una pluralità di calotte emisferiche $C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$.

15 [0057] La riga dello schermo S_m è costituita da una pluralità di pixel (non raffigurati), il cui numero complessivo varia in funzione del grado di risoluzione delle immagini acquisite. Le immagini degli schermi $S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$ sono quelle precedentemente acquisite in ambiente reale utilizzando l'apparato secondo l'invenzione, che sarà descritto nel seguito con riferimento alla Figura 7.

20 [0058] Attraverso ciascun foro $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_n$ della riga della griglia W , dal punto di osservazione O_X è possibile vedere un corrispondente pixel di un'immagine virtuale del corrispondente schermo S_m . Più precisamente, guardando in direzione della griglia W , è possibile vedere una specifica porzione di immagine sullo schermo S_m attraverso un foro A_m della griglia W . Supponendo inoltre che lo schermo S_m sia uno schermo a pixel, dal punto di
25 osservazione O_X sarà possibile vedere la porzione di immagine corrispondente al pixel X_m attraverso il foro A_m .

[0059] La Figura 8 mostra uno schermo fisico 20 sul quale viene costruita l'immagine finale H , rappresentata schematicamente come un rettangolo il cui contorno coincide con quello dello schermo 20. Ogni pixel dello schermo fisico corrisponde ad un foro della griglia
30 W . In particolare, ogni pixel della pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$ osservate attraverso i fori della riga m' della griglia W corrisponde a un rispettivo pixel di una pluralità di pixel $Pi_{XA1}, Pi_{XA2} \dots Pi_{XA_m} \dots Pi_{XAn}$ componenti l'immagine finale H sullo schermo 20.

[0060] Lo schermo 20 può essere uno schermo fisico, sul quale è visualizzato l'oggetto, oppure essere un elemento rettangolare attraverso il quale è visibile l'oggetto, in un ambiente virtuale. In quest'ultimo caso, la posizione dei due occhi dell'osservatore virtuale determinano due immagini diverse sullo schermo 20 per consentire la visione

5 tridimensionale stereoscopica dell'oggetto sullo schermo 20.

[0061] Il procedimento per costruire l'immagine finale H (osservata dal punto Ox attraverso la griglia W) sullo schermo 20 consiste nell'identificare la posizione dei vari pixel nelle righe e nelle colonne delle immagini dei vari schermi $S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$, visti dai vari fori delle varie righe e colonne della griglia W componendo i vari pixel dell'immagine

10 finale H sullo schermo 20.

[0062] Il suddetto procedimento comprende costruire l'immagine finale H per righe, in particolare ricostruire l'immagine finale H per righe (di pixel) e per colonne (di pixel). L'immagine costruita avrà un numero di righe pari ad n' e un numero di colonne pari ad n , essendo ogni pixel dell'immagine finale H correlato al rispettivo foro della griglia W. In generale, il numero complessivo di righe n' può essere differente dal numero complessivo

15 di colonne n , per esempio n può essere maggiore di n' , oppure n' può essere maggiore di n . In alternativa, il numero complessivo di righe n' può essere uguale al numero complessivo di colonne n .

[0063] Più precisamente, il procedimento consente di identificare per ogni foro A_m di una riga della griglia W il pixel della corrispondente riga dello schermo S_m da assegnare al corrispondente $P_{iX_{A_m}}$ dell'immagine finale H sullo schermo 20 e ripetere l'operazione per ogni

20 riga della griglia W.

[0064] Nel seguito verrà descritto in dettaglio solo il procedimento per ricostruire una riga dell'immagine nella quale una pluralità di pixel è identificata da una pluralità di corrispondenti coordinate $X_1, X_2, X_3, \dots X_m \dots X_r$, una per ogni foro A_m della griglia W. Il numero di pixel della suddetta riga corrisponderà al numero di colonne che compongono lo schermo S_m . Applicando in modo analogo il procedimento per ricostruire l'immagine finale H per righe, con numero totale di righe pari ad n' , ogni riga di pixel è identificata da una pluralità di corrispondenti coordinate $Y_1, Y_2, Y_3, \dots Y_m \dots Y_r$. Unendo le coordinate X e Y,

25
30 rispettivamente per colonne e righe di pixel, l'intera immagine può essere ricostruita per punti. Conseguentemente, la griglia W può essere considerata come costituita in realtà da una matrice bidimensionale di fori $A_1, A_2, A_3, \dots A_m \dots A_{ntot}$ per ognuna delle n' righe. Nel seguito verrà discusso come determinare, in una riga di uno schermo S_m , quale tra i pixel di

coordinate $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m, \dots, X_r$ è osservato dal corrispondente foro $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m, \dots, A_{ntot}$ di una riga m' della griglia W .

[0065] La determinazione della pluralità di coordinate $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m, \dots, X_r$ delle colonne di pixel della riga dello schermo S_m dipende dai seguenti fattori:

5 [0066] - la posizione del foro A_m ;

[0067] - la distanza $D2$ interposta tra la griglia W e l'osservatore O_X , che equivale alla distanza $D1$ interposta tra lo schermo S_m e la griglia W ;

[0068] - l'angolo θ di acquisizione dell'immagine;

10 [0069] - la risoluzione r di una pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$, indicando con r il valore della risoluzione orizzontale e con r' il valore della risoluzione verticale;

[0070] - la distanza p tra due fori della griglia W , ossia il passo del punto di ripresa tra un'immagine e la successiva in fase di acquisizione della pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$.

15 [0071] Nella Figura 6, la linea di vista L che parte dal punto di osservazione O_X e interseca la griglia W in coincidenza del foro A_m , incide nella colonna di pixel avente coordinata X_m che contiene una porzione dell'immagine I_m proiettata nello schermo S_m . Sono così identificabili due triangoli rettangoli uguali: il primo di vertici O_X, H_A ed A_m , il secondo di vertici A_m, H_X ed X_m . I lati $A_m H_X$ e $H_A O_X$ corrispondono rispettivamente alla prima distanza $D1$ e alla seconda distanza $D2$.

20 [0072] È inoltre identificabile un terzo triangolo di vertici X_1, A_m e X_r , in cui il segmento $\overline{X_1 X_r}$ rappresenta la larghezza totale della riga dell'immagine proiettata, mentre l'angolo opposto θ rappresenta l'angolo di acquisizione dell'immagine. Ai fini della comprensione della procedura, va considerata solo la metà dell'angolo di acquisizione dell'immagine θ compresa all'interno del triangolo rettangolo di vertici A_m, H_X ed X_r (ossia la metà destra dell'angolo θ , nel disegno di Figura 6).

[0073] Per ragioni trigonometriche, la semi-larghezza $\overline{H_X X_r}$ dell'immagine I_m proiettata sullo schermo S_m è data da

$$[0074] \quad \overline{H_X X_r} = D1 \tan \frac{\theta}{2}$$

30 [0075] La larghezza k di una colonna di pixel sarà quindi data dalla semi-larghezza $\overline{H_X X_r}$ divisa per la metà del numero di colonne di pixel che costituiscono la riga dell'immagine (risoluzione $r/2$):

$$[0076] \quad k = \frac{\overline{H_X X_r}}{n^\circ \text{ pixel in } \overline{H_X X_r}} = \frac{D1 \tan \frac{\theta}{2}}{n^\circ \text{ pixel in } \overline{H_X X_r}}$$

[0077] Con riferimento alla Figura 6, per ricostruire la riga m' dell'immagine finale H (Figura 8), occorre ricostruire la porzione di tale immagine contenuta nel pixel avente coordinata X_m e, conseguentemente, occorre definire la posizione della coordinata X_m . Per questo motivo occorre conoscere il numero di colonne di pixel contenute nel segmento $\overline{H_X X_m}$.

[0078] Va notato che, essendo il triangolo $O_X H_A A_m$ uguale al triangolo $A_m H_X X_m$ (come precedentemente descritto), il segmento $\overline{H_X X_m}$ è uguale al segmento $\overline{H_A A_m}$.

[0079] Il segmento $\overline{H_A A_m}$ è pari alla larghezza p (distanza tra un foro e il successivo) per il numero m di fori contenuti nel segmento $\overline{H_A A_m}$:

$$[0080] \quad \overline{H_A A_m} = pm = \overline{H_X X_m}$$

[0081] Essendo X_m la coordinata della posizione della colonna m -esima di pixel avente larghezza k , e tenendo presente la relazione di uguaglianza tra i segmenti $\overline{H_A A_m}$ e $\overline{H_X X_m}$, la persona esperta del ramo ottiene agevolmente la seguente relazione:

$$[0082] \quad X_m k = pm$$

[0083] da cui infine

$$[0084] \quad X_m = \frac{pm}{k} = \frac{pm}{\frac{D1 \tan \frac{\theta}{2}}{n^\circ \text{ pixel in } \overline{H_X X_r}}}$$

[0085] Procedendo in modo analogo a quello sopra descritto, è possibile identificare la posizione delle coordinate $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m, \dots, Y_r$ delle righe di pixel, giungendo così alle seguenti formule:

$$[0086] \quad Y_{m'} = \frac{p'm'}{k'} = \frac{p'm'}{\frac{D1 \tan \frac{\theta'}{2}}{n^\circ \text{ pixel in } \overline{H_Y Y_r'}}$$

[0087] Nelle suddette formule, le lettere con l'apice k', p', r', m' e θ' sono state utilizzate per distinguere i parametri riferiti alle righe da quelli riferiti al calcolo effettuato per la determinazione di posizione e numero delle colonne di pixel. In particolare, θ' indica l'apertura angolare verticale del sistema di acquisizione delle immagini I.

[0088] Le formule precedenti consentono di calcolare le coordinate $(X_m, Y_{m'})$ del pixel della porzione di immagine I_m associato al foro A_m della riga m' della immagine finale H visualizzata attraverso la griglia W, come mostrata nella Figura 8. Più precisamente, le formule identificano univocamente la posizione di ciascuna porzione della pluralità di

immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{\text{ntot}}$. In questo modo è possibile ricostruire l'intera immagine finale H visualizzata attraverso la griglia W .

[0089] Con riferimento alla Figura 7, viene descritto nel seguito un apparato 1 per acquisire immagini di oggetti tridimensionali e visualizzare le immagini acquisite in ambiente virtuale o su uno schermo fisico. Più esattamente, l'apparato 1 consente di acquisire le immagini dell'oggetto tridimensionale in modo tale che le suddette immagini siano successivamente visualizzate, ossia riprodotte, in un ambiente virtuale, o su uno schermo fisico, tramite il procedimento precedentemente descritto.

[0090] L'apparato 1 comprende una porzione di base 2, avente una faccia di supporto 2a e una faccia di appoggio 2b, reciprocamente parallele ed opposte. La faccia di appoggio 2b consente di appoggiare l'apparato 1 su una superficie solida (non raffigurata), quale ad esempio un tavolo, mentre la faccia di supporto 2a è disposta per ricevere e sostenere una porzione a involucro 3, sostanzialmente realizzata a forma di cupola emisferica. La porzione ad involucro 3 è rigida e può avere dimensioni variabili. In una forma di realizzazione, il raggio della circonferenza di base della cupola emisferica è pari a circa 50 cm. In forme di realizzazione non raffigurate, la cupola della porzione a involucro può avere una forma non emisferica, ad esempio ellissoidale.

[0091] La porzione di base 2 è sostanzialmente sagomata a forma di scatola e ha una forma in pianta che può essere quadrilatera oppure circolare. La porzione a involucro 3 e la porzione di base 2 sono fabbricate in un idoneo materiale rigido opaco, ad esempio plastica o metallo.

[0092] All'interno della porzione a involucro 3 è posizionato un pannello, o schermo, retroilluminato 4, che è realizzato in accoppiamento di forma con la porzione a involucro 3 ed è quindi sostanzialmente sagomato a forma di cupola emisferica. Il pannello retroilluminato 4 è fabbricato in materiale rigido semi-trasparente, quale ad esempio plexiglas, o altro idoneo materiale polimerico semi-trasparente noto. Tra il pannello retroilluminato 4 e la porzione a involucro 3 è definita un'intercapedine 3a, al cui interno è alloggiata una pluralità di mezzi di illuminazione 5 di tipo noto, ad esempio una pluralità di diodi a emissione di luce (LED). I mezzi di illuminazione 5 consentono di retroilluminare il pannello retroilluminato 4 con un'intensità di illuminazione pari, ad esempio, a 1000 cd.

[0093] La porzione di base 2 e il pannello retroilluminato 4 definiscono complessivamente una camera di acquisizione di immagini 1a, al cui interno, in uso, viene posizionato un oggetto Q tridimensionale (corpo solido) di cui si desidera acquisire immagini. Data la forma

del pannello retroilluminato 4, la camera di acquisizione di immagini 1a è sagomata sostanzialmente a forma di semisfera. Quando l'apparato 1 è in uso e i mezzi di illuminazione 5 sono accesi, grazie all'opacità della porzione a involucro 3 la radiazione luminosa - prodotta dai mezzi di illuminazione 5 e attraversante il pannello retroilluminato 4 - rimane confinata all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a.

[0094] L'apparato 1 comprende inoltre un dispositivo di supporto rotante 6, alloggiato (come mostrato nella Figura 7) in parte nella porzione di base 2 e in parte nella camera di acquisizione di immagini 1a. Il dispositivo di supporto rotante 6 comprende un attuatore passo-passo 6a di tipo noto, ad esempio un motore elettrico passo-passo, in grado di ruotare per passi (ossia, in modo non continuo) un piatto di supporto 6b connesso all'attuatore passo-passo 6a tramite un albero 6c. L'albero 6c si diparte dall'attuatore 6a in modo sostanzialmente perpendicolare rispetto a quest'ultimo, attraversa la faccia di supporto 2a della porzione di base 2 in corrispondenza di un foro (non raffigurato) ed entra nella camera di acquisizione di immagini 1a per connettersi con il piatto di supporto 6b. Il piatto di supporto 6b è sagomato a forma di piastra discoidale ed è disposto per ricevere e ruotare di 360° l'oggetto Q durante una fase di acquisizione di immagini all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a. In forme di realizzazione non raffigurate, il piatto di supporto può essere sagomato a forma di piastra poligonale, ad esempio triangolare o quadrilatera. L'attuatore passo-passo 6a è in grado di far compiere al piatto di supporto 6b, e quindi all'oggetto Q, una rotazione compresa tra $1/8000$ di 360° e $1/2400$ di 360° ad una frequenza che sia compatibile con il tempo di acquisizione di una singola immagine da parte di un dispositivo di acquisizione di immagini 7b (descritto in maggior dettaglio nel seguito). Ad esempio, l'attuatore passo-passo 6a è in grado di ruotare il piatto di supporto 6b ad intervalli di 1 secondo e di conseguenza con frequenza inferiore ad 1 Hz.

[0095] L'apparato 1 comprende inoltre mezzi di acquisizione di immagini 7, che sono posizionati nella porzione a involucro 3 in modo tale da affacciarsi all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a. I mezzi di acquisizione di immagini 7 comprendono un elemento a camera oscura 7a in cui è alloggiato un dispositivo di acquisizione di immagini 7b di tipo noto, ad esempio una fotocamera dotata di grandangolo. Nel seguito della descrizione e nelle rivendicazioni allegate, i termini "dispositivo di acquisizione di immagini" e "fotocamera" sono considerati sinonimi e possono essere utilizzati in modo interscambiabile.

[0096] L'elemento a camera oscura 7a è sagomato approssimativamente a forma di parallelepipedo cavo e una delle sue pareti, più esattamente la parete rivolta verso l'interno della camera di acquisizione di immagini 1a, è costituita da un dispositivo divisore di fascio 8 di tipo noto. La fotocamera 7b è posizionata all'interno dell'elemento a camera oscura 7a
5 in modo tale che il suo obiettivo sia rivolto verso la camera di acquisizione di immagini 1a e quindi verso il dispositivo divisore di fascio 8. Inoltre, il dispositivo divisore di fascio 8 è disposto a 45° rispetto all'asse ottico (non raffigurato) del dispositivo di acquisizione di immagini 7b.

[0097] Nella forma di realizzazione dell'apparato 1 mostrata in Figura 7, il dispositivo
10 divisore di fascio 8 comprende uno specchio semitrasparente di tipo noto, ossia una lastra di vetro provvista di un sottile strato di rivestimento in alluminio. Lo spessore del rivestimento è tale per cui una radiazione luminosa incidente a 45° sulla superficie dello specchio viene in parte (50%) riflessa e in parte (50%) trasmessa. In forme di realizzazione non raffigurate, il dispositivo divisore di fascio 8 può comprendere una combinazione di due prismi
15 triangolari.

[0098] I mezzi di acquisizione di immagini 7 sono posizionati in prossimità di una fessura
longitudinale 9 ricavata nella porzione a involucro 3 e definita da una coppia di guide
longitudinali (non raffigurate), reciprocamente parallele. La fessura longitudinale 9 si
estende per una lunghezza corrispondente a metà della porzione a involucro 3 e corrisponde
20 quindi a un quarto di circonferenza. La fessura longitudinale 9 è mantenuta chiusa da un
elemento di chiusura a soffietto 10, comprendente una pluralità di pannelli retroilluminati
mobili 11. Ciascun pannello retroilluminato mobile 11 è sagomato a forma di quadrilatero e
può essere costituito, ad esempio, da uno schermo retroilluminato a LED. Ciascun pannello
retroilluminato mobile 11 ha un'intensità di retroilluminazione analoga a quella del pannello
25 retroilluminato 4.

[0099] Ciascun pannello retroilluminato mobile 11 ha una dimensione trasversale
(larghezza) compatibile con, e in particolare non superiore a, la dimensione trasversale
(larghezza) della fessura longitudinale 9. I pannelli retroilluminati mobili 11 sono
reciprocamente articolati, ossia incernierati, tramite una corrispondente pluralità di cerniere
30 11a, le cui opposte estremità sono ricevute e possono scorrere nelle guide longitudinali
quando l'elemento di chiusura a soffietto 10 viene movimentato, ossia alternativamente
esteso e contratto. Va notato che l'elemento di chiusura a soffietto 10 è raffigurato in modo
estremamente schematico: per questo motivo, l'elemento di chiusura a soffietto 10 di Figura

7 comprende un numero ridotto di pannelli retroilluminati mobili 11 e questi ultimi sono mostrati tutti in una posizione intermedia tra la posizione estesa e la posizione contratta.

[0100] I mezzi di acquisizione di immagini 7 sono inseriti in una zona approssimativamente centrale dell'elemento di chiusura a soffietto 10, in modo tale che l'elemento a camera oscura 7a, contenente la fotocamera 7b, sia sostanzialmente interposto tra un primo gruppo 11b ed un secondo gruppo 11c di pannelli retroilluminati mobili 11. Il primo gruppo 11b è interposto tra l'elemento a camera oscura 7a e una prima estremità 10a dell'elemento di chiusura a soffietto 10, mentre il secondo gruppo 11c è interposto tra l'elemento a camera oscura 7a e una seconda estremità 10b dell'elemento di chiusura a soffietto 10. La prima estremità 10a è posizionata in prossimità dell'apice della porzione a involucro 3, mentre la seconda estremità 10b è posizionata in prossimità della porzione di base 2.

[0101] Un pannello retroilluminato fisso 12 è interposto tra l'elemento a camera oscura 7a e un adiacente pannello retroilluminato mobile 11 del primo gruppo 11b. Il pannello retroilluminato fisso 12 è montato in modo tale da essere disposto a 45° rispetto al dispositivo divisore di fascio 8. Il dispositivo divisore di fascio 8 occulta la fotocamera 7b e riflette parte della radiazione luminosa emessa dal pannello retroilluminato fisso 12, evitando così che l'illuminazione all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a sia ridotta in corrispondenza dei mezzi di acquisizione di immagine 7. Poiché il dispositivo divisore di fascio 8 causa una certa perdita di luminosità (dato che la radiazione luminosa emessa dal pannello retroilluminato fisso 12 è in parte riflessa e in parte trasmessa dal dispositivo divisore di fascio 8), per compensare la suddetta perdita il pannello retroilluminato fisso 12 è retroilluminato con un'intensità doppia (ad esempio, 2000 cd) rispetto all'intensità del pannello retroilluminato 4 e di ciascun pannello retroilluminato mobile 11.

[0102] L'apparato 1 comprende inoltre un dispositivo di movimentazione angolare 13, posizionato all'esterno della porzione a involucro 3 e quindi all'esterno della camera di acquisizione di immagini 1a. Il dispositivo di movimentazione angolare 13 è disposto per movimentare angolarmente, in particolare per movimentare secondo un angolo α compreso fra 0° e 90°, i mezzi di acquisizione di immagini 7. Il dispositivo di movimentazione angolare 13 comprende un attuatore passo-passo 14 di tipo noto (raffigurato con linea tratteggiata), ad esempio un motore elettrico passo-passo, azionante un braccio di movimentazione e supporto 15. Il braccio di movimentazione e supporto 15 comprende una porzione di azionamento 15a (raffigurata con linea tratteggiata) e una porzione di supporto 15b,

reciprocamente connesse. La porzione di supporto 15b è disposta in modo trasversale, in particolare in modo sostanzialmente perpendicolare, rispetto alla porzione di azionamento 15a, per cui le due porzioni 15a e 15b formano complessivamente una struttura a forma di L. L'elemento a camera oscura 7a è fissato al braccio di movimentazione e supporto 15 in
5
prossimità di un'estremità della porzione di supporto 15b che è opposta alla porzione di azionamento 15a. Il braccio di movimentazione e supporto 15 è azionato dall'attuatore 14 in modo tale da movimentare angularmente i mezzi di acquisizione di immagini 7 lungo la fessura longitudinale 9, ossia dalla prima estremità 10a alla seconda estremità 10b di quest'ultima e viceversa. Il braccio di movimentazione e supporto 15 è in grado di
10
movimentare angularmente i mezzi di acquisizione di immagini 7 secondo l'una o l'altra di due direzioni F1 e F2 (indicate con frecce nella Figura 7), reciprocamente opposte e parallele. In particolare, il braccio di movimentazione e supporto 15 è in grado di far compiere ai mezzi di acquisizione di immagini 7 uno spostamento angolare compreso, ad esempio, tra $1/3000$ di 90° e $1/900$ di 90° . Gli intervalli di tempo tra uno spostamento angolare della porzione di
15
azionamento 15a e lo spostamento successivo saranno dati dalla somma dei tempi di scatto di una singola immagine (ad esempio, 1 secondo) per il numero di posizioni angolari assunte dall'oggetto Q.

[0103] In una forma di realizzazione non raffigurata, il braccio di movimentazione e supporto comprende un unico braccio arcuato, che si adatta idoneamente alla porzione a
20
involucro a forma di cupola emisferica.

[0104] In uso, il dispositivo di supporto rotante 6 e il dispositivo di movimentazione angolare 13 sono azionati in modo reciprocamente sincronizzato, ossia sono azionati in modo tale che, mentre il dispositivo di supporto rotante 6 ruota di 360° l'oggetto Q all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a, il dispositivo di movimentazione
25
angolare 13 movimenta angularmente (tra 0° e 90°) i mezzi di acquisizione di immagini 7 secondo l'una o l'altra delle direzioni F1 e F2.

[0105] L'elemento di chiusura a soffietto 10 garantisce che siano mantenute idonee condizioni di illuminazione all'interno della camera di acquisizione di immagini 1a durante la movimentazione angolare dei mezzi di acquisizione di immagini 7. Ciò è possibile in
30
quanto il primo gruppo 11b e del secondo gruppo 11c dei pannelli retroilluminati mobili 11 sono movimentati dai mezzi di acquisizione di immagini 7 e si contraggono ed estendono (passivamente) in modo reciprocamente coordinato. Quando i mezzi di acquisizione di immagini 7 sono movimentati verso la prima estremità 10a dell'elemento di chiusura a

soffietto 10 (ossia, secondo la direzione F1), il secondo gruppo 11c viene esteso e il primo gruppo 11b viene contratto. Al contrario, quando i mezzi di acquisizione di immagini 7 sono movimentati verso la seconda estremità 10b (ossia, secondo la direzione F2), il secondo gruppo 11c viene contratto e il primo gruppo 11b viene esteso. In questo modo, i pannelli retroilluminati mobili 11 accompagnano i mezzi di acquisizione di immagini 7 mentre questi ultimi sono movimentati lungo la fessura longitudinale 9.

[0106] Il numero totale dei pannelli retroilluminati mobili 11 e la dimensione longitudinale (lunghezza) di ciascun pannello retroilluminato mobile 11 sono opportunamente selezionabili (secondo criteri noti ad un tecnico del settore) in modo da evitare che, durante l'estensione dell'elemento di chiusura a soffietto 10, l'angolo definito tra due pannelli retroilluminati mobili 11 adiacenti possa diventare pari a 180° (con rischio di impuntamento dei pannelli e conseguente blocco della movimentazione dell'elemento di chiusura a soffietto).

[0107] Sebbene nella forma di realizzazione dell'apparato 1 descritta con riferimento alla Figura 7 la fessura longitudinale 9 sia mantenuta chiusa da un elemento costruito in forma di soffietto, quest'ultimo può essere sostituito da elementi strutturalmente differenti ma funzionalmente equivalenti. Ad esempio, in una forma di realizzazione non raffigurata la fessura longitudinale è mantenuta chiusa da una pluralità di pannelli retroilluminati telescopici. I mezzi di acquisizione di immagini sono interposti tra due gruppi di pannelli retroilluminati telescopici, che sono alternativamente estesi e retratti per effetto della movimentazione angolare dei mezzi di acquisizione di immagini.

[0108] Alla luce di quanto precedentemente descritto, nel metodo secondo l'invenzione è pertanto possibile individuare le seguenti fasi:

- Introdurre un oggetto tridimensionale (ad esempio, l'oggetto Q mostrato in Figura 7) all'interno della camera di acquisizione 1a dell'apparato 1 e posizionare l'oggetto sul dispositivo di supporto rotante 6;
- Illuminare l'interno della camera di acquisizione 1a tramite il pannello retroilluminato 4;
- Azionare in modo reciprocamente coordinato il dispositivo di supporto rotante 6, così da ruotare l'oggetto Q, e il dispositivo di movimentazione angolare 13, così da movimentare angolarmente i mezzi di acquisizione di immagini 7;
- Acquisire una pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$ dell'oggetto Q tramite i mezzi di acquisizione di immagini 7; e

- Utilizzare la pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$ acquisite per generare almeno una immagine finale H da visualizzare sulla superficie del luogo dei punti relativi alla griglia W (da cui sono state acquisite le immagini), in un ambiente virtuale.

[0109] La fase del metodo secondo l'invenzione in cui la pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$ acquisite è utilizzata per costruire le immagini dell'oggetto visto attraverso la griglia W , riprodotta nell'ambiente virtuale, comprende le seguenti sotto-fasi:

- Proiettare virtualmente la pluralità di immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$ acquisite su una corrispondente pluralità di schermi $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m, \dots, S_{ntot}$ virtuali;

- Scomporre ciascuna delle immagini $I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$ acquisite in una pluralità di porzioni di immagine, ciascuna delle porzioni di immagine essendo visualizzabile da un punto di osservazione O_X virtuale attraverso una pluralità di fori $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m, \dots, A_{ntot}$ definiti nella griglia W virtuale, che è interposta tra la pluralità di schermi $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m, \dots, S_{ntot}$ virtuali e il punto di osservazione O_X virtuale;

- Determinare una pluralità di coppie di coordinate $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), \dots, (X_m, Y_m), \dots, (X_r, Y_r)$ identificanti univocamente la posizione di ciascuna di dette porzioni di immagine, così da ricostruire l'immagine finale H , visualizzabile su uno schermo fisico 20 o in ambiente virtuale.

[0110] Il metodo secondo l'invenzione può essere implementato in un codice di un programma eseguibile da un elaboratore elettronico digitale. Il programma può essere immagazzinato in un supporto leggibile da un elaboratore elettronico digitale. Inoltre, il programma può essere caricato o memorizzato in un elaboratore elettronico digitale.

[0111] Al fine di esemplificare l'invenzione, senza tuttavia limitarne l'ambito di attuazione, è descritto di seguito l'attuazione del metodo secondo l'invenzione in un ambiente virtuale (Unity 3D Graphic Engine).

[0112] Esempio 1 – Attuazione del metodo secondo l'invenzione in un ambiente virtuale

[0113] È stato utilizzato un modello tridimensionale di un oggetto fisico, ottenuta tramite metodo noto, ossia rielaborando un elevato numero di foto del suddetto oggetto tramite software di tipo noto. Il metodo di acquisizione di immagini secondo l'invenzione è stato riprodotto in un ambiente virtuale di tipo noto (Unity 3D Graphic Engine), in cui la precisione della posizione angolare di una fotocamera virtuale, così come la precisione delle immagini acquisite in modo virtuale, possono essere estremamente elevate, compatibilmente con la prestazione del sistema di calcolo utilizzato.

[0114] Le immagini virtuali dell'oggetto sono state acquisite mediante un software specifico, scritto nel linguaggio di programmazione C# e applicato alla fotocamera virtuale in Unity. Il suddetto software consente di acquisire immagini in ambiente virtuale con risoluzione arbitraria e di sincronizzare lo spostamento della fotocamera virtuale in punti prefissati con le acquisizioni di immagini. Le immagini così ottenute sono state utilizzate per testare il metodo secondo l'invenzione, estraendo nuove immagini da quelle acquisite tramite l'uso di un ulteriore software, scritto nel linguaggio di programmazione Visual Basic .NET. Il risultato finale è stata la visualizzazione dell'oggetto tridimensionale, generato tramite il metodo secondo l'invenzione (ossia, in modo olografico virtuale) senza partire da un modello tridimensionale ottenuto con procedure note.

[0115] Da quanto descritto ed esemplificato in precedenza, si può affermare che il metodo e l'apparato secondo l'invenzione consentono di superare efficacemente gli inconvenienti della tecnica nota e di ottenere molteplici vantaggi.

[0116] Sono inoltre possibili varianti e/o aggiunte a quanto sopra descritto e/o a quanto illustrato nei disegni allegati.

Modena, 23/07/2021

Per Incarico

LUPPI INTELLECTUAL PROPERTY S.R.L.

Viale Corassori, 54 – 41124 Modena

Dott. Giampaolo Palma

(Albo Prot. N. 1118B)

RIASSUNTO

Un metodo per acquisire una pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) di un oggetto tridimensionale (Q) e costruire una immagine finale (H) tramite la quale visualizzare detto oggetto (Q) in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico (20), comprende le seguenti fasi: introdurre detto oggetto (Q) all'interno di una camera di acquisizione di immagini (1a) di un apparato (1) e posizionare detto oggetto (Q) su un dispositivo di supporto rotante (6) compreso in detta camera di acquisizione di immagini (1a); illuminare l'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a) tramite un pannello retroilluminato (4); azionare detto dispositivo di supporto rotante (6), così da ruotare detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a); azionare un dispositivo di movimentazione angolare (13) compreso in detto apparato (1), così da movimentare angolarmente mezzi di acquisizione di immagini (7) compresi in detto apparato (1), detto ruotare e detto movimentare angolarmente essendo effettuati in modo reciprocamente coordinato; acquisire detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) tramite detti mezzi di acquisizione di immagini (7) e visualizzare detto oggetto (Q) su detto schermo fisico (20) o in detto ambiente virtuale. Detta immagine finale (H) è vista da un punto di osservazione (O_x) virtuale e detto costruire detta immagine finale (H) comprende affiancare una pluralità di porzioni di detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) proiettate virtualmente su una pluralità di schermi virtuali ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_m, \dots, S_{ntot}$), detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) essendo osservata attraverso una pluralità di fori ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_m, \dots, A_{ntot}$) definiti in una griglia (W) virtuale interposta tra detta pluralità di schermi ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_m, \dots, S_{ntot}$) virtuali e detto punto di osservazione (O_x) virtuale. Un apparato (1) per acquisire una pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) di un oggetto (Q) tridimensionale e costruire una immagine finale (H) tramite la quale visualizzare detto oggetto (Q) in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico (20), comprende: una camera di acquisizione di immagini (1a) disposta per ricevere detto oggetto (Q); un pannello retroilluminato (4), disposto per illuminare detta camera di acquisizione di immagini (1a); un dispositivo di supporto rotante (6), disposto per supportare e ruotare detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a); mezzi di acquisizione di immagini (7), disposti per acquisire detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) di detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a); un dispositivo di movimentazione angolare (13), disposto per movimentare angolarmente detti mezzi di acquisizione di immagini (7).

Modena, 23/07/2021

Per Incarico

LUPPI INTELLECTUAL PROPERTY S.R.L.

Viale Corassori, 54 – 41124 Modena

Dott. Giampaolo Palma

(Albo Prot. N. 1118B)

5

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per acquisire una pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) di un oggetto tridimensionale (Q) e costruire un'immagine finale (H) tramite la quale visualizzare detto oggetto (Q) in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico (20), detto metodo comprendendo le seguenti fasi:
- Introdurre detto oggetto (Q) all'interno di una camera di acquisizione di immagini (1a) di un apparato (1) e posizionare detto oggetto (Q) su un dispositivo di supporto rotante (6) compreso in detta camera di acquisizione di immagini (1a);
 - Illuminare l'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a) tramite un pannello retroilluminato (4);
 - Azionare detto dispositivo di supporto rotante (6), così da ruotare detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a);
 - Azionare un dispositivo di movimentazione angolare (13) compreso in detto apparato (1), così da movimentare angolarmente mezzi di acquisizione di immagini (7) compresi in detto apparato (1), detto ruotare e detto movimentare angolarmente essendo effettuati in modo reciprocamente coordinato;
 - Acquisire detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) tramite detti mezzi di acquisizione di immagini (7);
 - Riprodurre detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) in detto ambiente virtuale; e
 - Visualizzare detto oggetto (Q) su detto schermo fisico (20) o in detto ambiente virtuale;
- in cui detto riprodurre detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) comprende:
- Proiettare virtualmente detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) acquisite su una corrispondente pluralità di schermi ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$) virtuali;
 - Scomporre ciascuna di detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) in una pluralità di porzioni di immagine, ciascuna di dette porzioni di immagine essendo visualizzabile da un punto di osservazione (O_X) virtuale attraverso una pluralità di fori ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_m \dots A_{ntot}$) definiti in una griglia (W) virtuale, detta griglia (W) virtuale essendo interposta tra detta pluralità di schermi ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$) virtuali e detto punto di osservazione (O_X) virtuale;
 - Determinare una pluralità di coppie di coordinate ($(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots (X_m, Y_m) \dots (X_r, Y_r)$) identificanti univocamente la posizione di ciascuna di dette porzioni di

immagine;

- Visualizzare, attraverso detta griglia (W), detta immagine finale (H) di detto oggetto (Q) tridimensionale in detto ambiente virtuale o su detto schermo fisico (20), detta immagine finale (H) essendo composta da una pluralità di pixel ($PiX_{A1}, PiX_{A2} \dots PiX_{Am} \dots PiX_{An}$).

5

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detto proiettare virtualmente detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) acquisite su detta corrispondente pluralità di schermi virtuali comprende proiettare detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) su uno schermo piano (S_m) di dimensioni infinite, oppure su una calotta semisferica (C_m) di dimensioni finite, oppure su una pluralità di calotte semisferiche ($C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$) di dimensioni finite.

10

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascuna di detta pluralità di calotte semisferiche ($C_1, C_2, C_3 \dots C_m \dots C_{ntot}$) è centrata in corrispondenza di ciascun foro di detta pluralità di fori ($A_1, A_2, A_3 \dots A_m \dots A_{ntot}$) di detta griglia (W).

15

4. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3, in cui detto proiettare virtualmente detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) acquisite su detta pluralità di schermi ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$) virtuali prevede proiettare detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) da qualsiasi angolazione, essendo detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) visualizzabile attraverso detta pluralità di fori ($A_1, A_2, A_3 \dots A_m \dots A_{ntot}$) di detta griglia (W).

20

5. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) è ricostruita per righe di pixel identificate da dette coordinate ($X_1, X_2, X_3 \dots X_m \dots X_r$) e per colonne di pixel identificate da dette coordinate ($Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_m' \dots Y_r'$), oppure è ricostruita per punti di pixel identificati da dette coppie di coordinate ($(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots (X_m, Y_m') \dots (X_r, Y_r')$).

25

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{ntot}$) ha una risoluzione di riga pari a r' e una risoluzione di colonna pari a r , essendo r' e r rispettivamente il massimo numero di righe e il massimo numero di colonne in cui è diviso ciascuno schermo di detta pluralità di schermi ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$) virtuali.

30

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui detta risoluzione di riga r' e detta risoluzione di colonna r sono due numeri uguali, oppure detta risoluzione di riga r' è maggiore di detta risoluzione di colonna r , oppure detta risoluzione di colonna r è maggiore di detta

risoluzione di riga r' .

8. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 5 a 7, in cui ciascuno di detti punti di pixel identificati da dette coppie di coordinate $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots (X_m, Y_m) \dots (X_r, Y_r)$ di detta pluralità di immagini $(I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{\text{ntot}})$ corrisponde a ciascuno di detta pluralità di pixel $(\text{Pi}_{XA1}, \text{Pi}_{XA2} \dots \text{Pi}_{XAm} \dots \text{Pi}_{XAn})$ di detta immagine finale (H).
9. Apparato (1) per acquisire una pluralità di immagini $(I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{\text{ntot}})$ di un oggetto (Q) tridimensionale e costruire un'immagine finale (H) tramite la quale visualizzare detto oggetto (Q) in un ambiente virtuale o su uno schermo fisico (20), comprendente:
- Una camera di acquisizione di immagini (1a) disposta per ricevere detto oggetto (Q);
 - Un pannello retroilluminato (4), disposto per illuminare l'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a);
 - Un dispositivo di supporto rotante (6), disposto per supportare e ruotare detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a);
 - Mezzi di acquisizione di immagini (7), disposti per acquisire detta pluralità di immagini $(I_1, I_2, I_3, \dots I_m \dots I_{\text{ntot}})$ di detto oggetto (Q) all'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a);
 - Un dispositivo di movimentazione angolare (13), disposto per movimentare angolarmente detti mezzi di acquisizione di immagini (7).
10. Apparato secondo la rivendicazione 9, in cui detti mezzi di acquisizione di immagini (7) comprendono un dispositivo divisore di fascio (8).
11. Apparato secondo la rivendicazione 9, oppure 10, in cui detto pannello retroilluminato (4) è posizionato all'interno di una porzione a involucro (3) di detto apparato (1).
12. Apparato secondo la rivendicazione 11, in cui una pluralità di mezzi di illuminazione (5) è disposta tra detto pannello retroilluminato (4) e detta porzione a involucro (3).
13. Apparato secondo la rivendicazione 11, oppure 12, in cui detta porzione a involucro (3) è sagomata a forma di cupola emisferica.
14. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 13, in cui detto pannello retroilluminato (4) è fabbricato in un materiale rigido semi-trasparente.
15. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 14, in cui detta camera di acquisizione immagini (1a) è definita da detto pannello retroilluminato (4) e da una porzione di base (2) di detto apparato (1).

16. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 15, in cui detto dispositivo di supporto rotante (6) comprende un attuatore passo-passo (6a) in grado di ruotare per passi un piatto di supporto (6b).
17. Apparato secondo la rivendicazione 16, in cui detto piatto di supporto (6b) è connesso a detto attuatore passo-passo (6a) tramite un albero (6c).
18. Apparato secondo la rivendicazione 16, oppure 17, in cui detto piatto di supporto (6b) è disposto per ricevere e ruotare detto oggetto (Q) quando detti mezzi di acquisizione di immagini (7) acquisiscono detta pluralità di immagini ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{\text{tot}}$) di detto oggetto (Q).
19. Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 17, in cui detti mezzi di acquisizione di immagini (7) comprendono un elemento a camera oscura (7a) e un dispositivo di acquisizione di immagini (7b), detto elemento a camera oscura (7a) essendo cavo e alloggiando internamente detto dispositivo di acquisizione di immagini (7b).
20. Apparato secondo la rivendicazione 19, quando dipendente dalla rivendicazione 10 oppure da una delle rivendicazioni da 11 a 18 quando dipendenti dalla rivendicazione 10, in cui una parete di detto elemento a camera oscura (7a) è rivolta verso l'interno di detta camera di acquisizione di immagini (1a) ed è costituita da detto dispositivo divisore di fascio (8), detto dispositivo divisore di fascio (8) essendo disposto a 45° rispetto all'asse ottico di detto dispositivo di acquisizione di immagini (7b).
21. Apparato secondo la rivendicazione 20, in cui detto dispositivo divisore di fascio (8) comprende uno specchio semitrasparente, oppure una combinazione di due prismi triangolari.
22. Apparato secondo la rivendicazione 11, oppure secondo una delle rivendicazioni da 12 a 21 quando dipendenti dalla rivendicazione 11, in cui detti mezzi di acquisizione di immagini (7) sono posizionati in prossimità di una fessura longitudinale (9) di detta porzione a involucro (3).
23. Apparato secondo la rivendicazione 22, in cui detta fessura longitudinale (9) si estende per una lunghezza corrispondente a metà di detta porzione a involucro (3).
24. Apparato secondo la rivendicazione 22, oppure 23, in cui detta fessura longitudinale (9) è chiusa da un elemento di chiusura a soffietto (10).
25. Apparato secondo la rivendicazione 24, in cui detto elemento di chiusura a soffietto (10) comprende una pluralità di pannelli retroilluminati mobili (11), ciascuno di detti pannelli

retroilluminati mobili (11) avendo un'intensità di retroilluminazione analoga alla intensità di retroilluminazione di detto pannello retroilluminato (4).

5 **26.** Apparato secondo la rivendicazione 25, in cui ciascuno di detti pannelli retroilluminati mobili (11) ha una dimensione trasversale non superiore a una dimensione trasversale di detta fessura longitudinale (9).

10 **27.** Apparato secondo una delle rivendicazioni da 24 a 26, in cui detto elemento di chiusura a soffietto (10) comprende un pannello retroilluminato fisso (12), detto pannello retroilluminato fisso (12) essendo interposto tra detto elemento a camera oscura (7a) e un adiacente pannello retroilluminato mobile (11) ed essendo disposto a 45° rispetto a detto dispositivo divisore di fascio (8).

28. Apparato secondo la rivendicazione 27, in cui detto pannello retroilluminato fisso (12) ha un'intensità di retroilluminazione pari al doppio dell'intensità di retroilluminazione di detto pannello retroilluminato (4).

15 **29.** Apparato secondo una delle rivendicazioni da 9 a 28, in cui detto dispositivo di movimentazione angolare (13) comprende un attuatore passo-passo (14) disposto per azionare un braccio di movimentazione e supporto (15).

20 **30.** Apparato secondo la rivendicazione 29, in cui detto braccio di movimentazione e supporto (15) comprende una porzione di azionamento (15a) e una porzione di supporto (15b) reciprocamente connesse, detta porzione di supporto (15b) essendo disposta trasversalmente a detta porzione di azionamento (15a), detto elemento a camera oscura (7a) essendo fissato in prossimità di un'estremità di detta porzione di supporto (15b) opposta a detta porzione di azionamento (15a).

Modena, 23/07/2021

25

Per Incarico

LUPPI INTELLECTUAL PROPERTY S.R.L.

Viale Corassori, 54 – 41124 Modena

Dott. Giampaolo Palma

(Albo Prot. N. 1118B)

CLAIMS

1. Method for acquiring a plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) of a tridimensional object (Q) and constructing a final image (H) through which to visualize said object (Q) in a virtual environment or on a physical screen (20), said method comprising the following steps:

- Introducing said object (Q) inside an image acquiring chamber (1a) of an apparatus (1) and positioning said object (Q) on a rotating supporting device (6) that is comprised in said image acquiring chamber (1a);
- Illuminating the interior of said image acquiring chamber (1a) through a rear-illuminated panel (4);
- Actuating said rotating supporting device (6), so as to rotate said object (Q) inside said image acquiring chamber (1a);
- Actuating an angular moving device (13) that is comprised in said apparatus (1), so as to angularly move image acquiring means (7) that is comprised in said apparatus (1), said rotating and said angularly moving being carried out in a mutually coordinated manner;
- Acquiring said plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) through said image acquiring means (7);
- Reproducing said plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) in said virtual environment; and
- Visualizing said object (Q) on said physical screen (20) or in said virtual environment;

wherein said reproducing said plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) comprises:

- Virtually projecting said plurality of acquired images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) on a corresponding plurality of virtual screens ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$);
- Decomposing each of said plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m \dots I_{ntot}$) into a plurality of image portions, each of said image portions being visualizable from a virtual observation point (O_x) through a plurality of holes ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_m \dots A_{ntot}$) that are defined in a virtual grid (W), said virtual grid (W) being interposed between said plurality of virtual screens ($S_1, S_2, S_3 \dots S_m \dots S_{ntot}$) and said virtual observation point (O_x);
- Determining a plurality of pairs of coordinates ($(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots (X_m, Y_m) \dots (X_r, Y_r)$) that univocally identify the position of each of said image portions;

- Visualizing, through said grid (W), said final image (H) of said tridimensional object (Q) in said virtual environment or on said physical screen (20), said final image (H) being composed of a plurality of pixels (PiXA1, PiXA2... PiXAm ... PiXAn).

2. Method according to claim 1, wherein said virtually projecting said plurality of acquired images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) on said corresponding plurality of virtual screens comprises projecting said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) on an infinite sized plane screen (S_m), or on a hemispherical cap (C_m) of finite size, or on a plurality of hemispherical caps (C₁, C₂, C₃...C_m...C_{ntot}) of finite size.
3. Method according to claim 2, wherein each of said plurality of hemispherical caps (C₁, C₂, C₃...C_m...C_{ntot}) is centred at each hole of said plurality of holes (A₁, A₂, A₃...A_m...A_{ntot}) of said grid (W).
4. Method according to any one of claims 1 to 3, wherein said virtually projecting said plurality of acquired images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) on said plurality of virtual screens (S₁, S₂, S₃...S_m...S_{ntot}) provides for projecting said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) from any angle, said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) being visualizable through said plurality of holes (A₁, A₂, A₃...A_m...A_{ntot}) of said grid (W).
5. Method according to any one of claims 1 to 4, wherein said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) is reconstructed by rows of pixels that are identified by said coordinates (X₁, X₂, X₃...X_m...X_r) and by columns of pixels that are identified by said coordinates (Y₁, Y₂, Y₃...Y_m'...Y_r'), or is reconstructed by points of pixels that are identified by said pairs of coordinates (X₁, Y₁), (X₂, Y₂), (X₃, Y₃)...(X_m, Y_m')...(X_r, Y_r').
6. Method according to claim 5, wherein said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) has a row resolution that is equal to r' and a column resolution that is equal to r , r' e r being respectively the maximum number of rows and the maximum number of columns into which each screen of said plurality of virtual screens (S₁, S₂, S₃...S_m...S_{ntot}) can be divided.
7. Method according to claim 6, wherein said row resolution r' and said column resolution r are two equal numbers, or said row resolution r' is greater than said column resolution r , or said column resolution r is greater than said row resolution r' .
8. Method according to any one of claims 5 to 7, wherein each of said points of pixel that are identified by said pairs of coordinates (X₁, Y₁), (X₂, Y₂), (X₃, Y₃)...(X_m, Y_m')...(X_r, Y_r') of said plurality of images (I₁, I₂, I₃,...I_m...I_{ntot}) corresponds to each of said plurality of pixels (PiXA1, PiXA2... PiXAm ... PiXAn) of said final image (H).

9. Apparatus (1) for acquiring a plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) of a tridimensional object (Q) and constructing a final image (H) through which to visualize said object (Q) in a virtual environment or on a physical screen (20), comprising:
- An image acquiring chamber (1a) arranged for receiving said object (Q);
 - 5 - A rear-illuminated panel (4) arranged for illuminating the interior of said image acquiring chamber (1a);
 - A rotating supporting device (6) arranged for supporting and rotating said object (Q) inside said image acquiring chamber (1a);
 - Image acquiring means (7) arranged for acquiring said plurality of images ($I_1, I_2,$
10 $I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) of said object (Q) inside said image acquiring chamber (1a);
 - An angular moving device (13) arranged for angularly moving said image acquiring means (7).
10. Apparatus according to claim 9, wherein said image acquiring means (7) comprises a beam splitting device (8).
11. Apparatus according to claim 9, or 10, wherein said rear-illuminated panel (4) is
15 positioned inside a casing portion (3) of said apparatus (1).
12. Apparatus according to claim 11, wherein a plurality of illuminating means (5) is arranged between said rear-illuminated panel (4) and said casing portion (3).
13. Apparatus according to claim 11, or 12, wherein said casing portion (3) is made in the
20 shape of a hemispherical dome.
14. Apparatus according to any one of claims 9 to 13, wherein said rear-illuminated panel (4) is made of a semi-transparent rigid material.
15. Apparatus according to any one of claims 9 to 14, wherein said image acquiring chamber (1a) is defined by said rear-illuminated panel (4) and a base portion (2) of said apparatus
25 (1).
16. Apparatus according to any one of claims 9 to 15, wherein said rotating supporting device (6) comprises a stepper actuator (6a) that is able to rotate a supporting plate (6b) in steps.
17. Apparatus according to claim 16, wherein said supporting plate (6b) is connected with
30 said stepper actuator (6a) through a shaft (6c).
18. Apparatus according to claim 16, or 17, wherein said supporting plate (6b) is arranged for receiving and rotating said object (Q) when said image acquiring means (7) acquires said plurality of images ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_m, \dots, I_{ntot}$) of said object (Q).

- 19.** Apparatus according to any one of claims 9 to 17, wherein said image acquiring means (7) comprises a darkroom element (7a) and an image acquiring device (7b), said darkroom element (7a) being hollow and internally housing said image acquiring device (7b).
- 5 **20.** Apparatus according to claim 19, as appended to claim 10 or to any one of claims 11 to 18 as appended to claim 10, wherein a wall of said darkroom element (7a) faces the interior of said image acquiring chamber (1a) and consists of said beam splitting device (8), said beam splitting device (8) being arranged at 45° with respect to the optical axis of said image acquiring device (7b).
- 10 **21.** Apparatus according to claim 20, wherein said beam splitting device (8) comprises a semi-transparent mirror or a combination of two triangular prisms.
- 22.** Apparatus according to claim 11, or according to any one of claims 12 to 21 as appended to claim 11, wherein said image acquiring means (7) is positioned near a longitudinal slot (9) of said casing portion (3).
- 15 **23.** Apparatus according to claim 22, wherein said longitudinal slot (9) extends for a length that corresponds to half of said casing portion (3).
- 24.** Apparatus according to claim 22, or 23, wherein said longitudinal slot (9) is closed by a bellows closing element (10).
- 20 **25.** Apparatus according to claim 24, wherein said bellows closing element (10) comprises a plurality of movable rear-illuminated panels (11), each of said movable rear-illuminated panels (11) having a rear-illumination intensity that is analogous to the rear-illumination intensity of said rear-illuminated panel (4).
- 26.** Apparatus according to claim 25, wherein each of said movable rear-illuminated panels (11) has a transverse dimension that is not greater than a transverse dimension of said
- 25 longitudinal slot (9).
- 27.** Apparatus according to any one of claims 24 to 26, wherein said bellows closing element (10) comprises a fixed rear-illuminated panel (12), said fixed rear-illuminated panel (12) being interposed between said darkroom element (7a) and an adjacent movable rear-illuminated panel (11) and being arranged at 45° with respect to said beam splitting
- 30 device (8).
- 28.** Apparatus according to claim 27, wherein said fixed rear-illuminated panel (12) has a rear-illumination intensity that is twice the rear-illumination intensity of said rear-illuminated panel (4).

29. Apparatus according to any one of claims 9 to 28, wherein said angular moving device (13) comprises a stepper actuator (14) arranged for driving a moving and supporting arm (15).

5 **30.** Apparatus according to claim 29, wherein said moving and supporting arm (15) comprises a driving portion (15a) and a supporting portion (15b) that are connected to one another, said supporting portion (15b) being arranged transversely to said driving portion (15a), said darkroom element (7a) being fixed near to an end of said supporting portion (15b) opposite to said driving portion (15a).

10 Modena, 23/07/2021

Per Incarico

LUPPI INTELLECTUAL PROPERTY S.R.L.

Viale Corassori, 54 – 41124 Modena

Dott. Giampaolo Palma

15

(Albo Prot. N. 1118B)

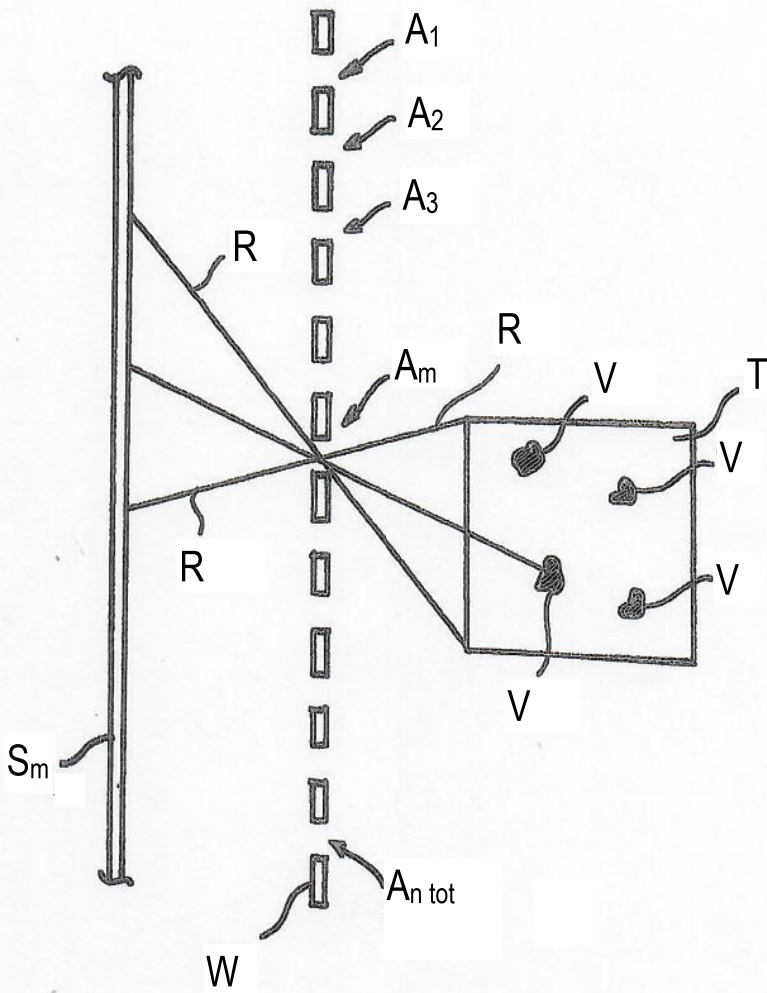


Fig. 1

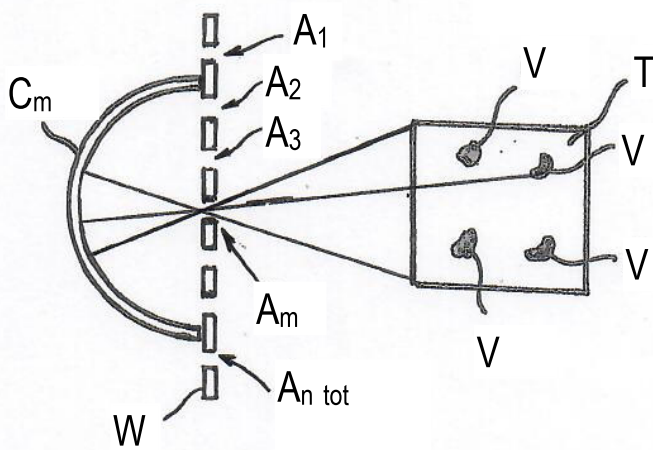


Fig. 2

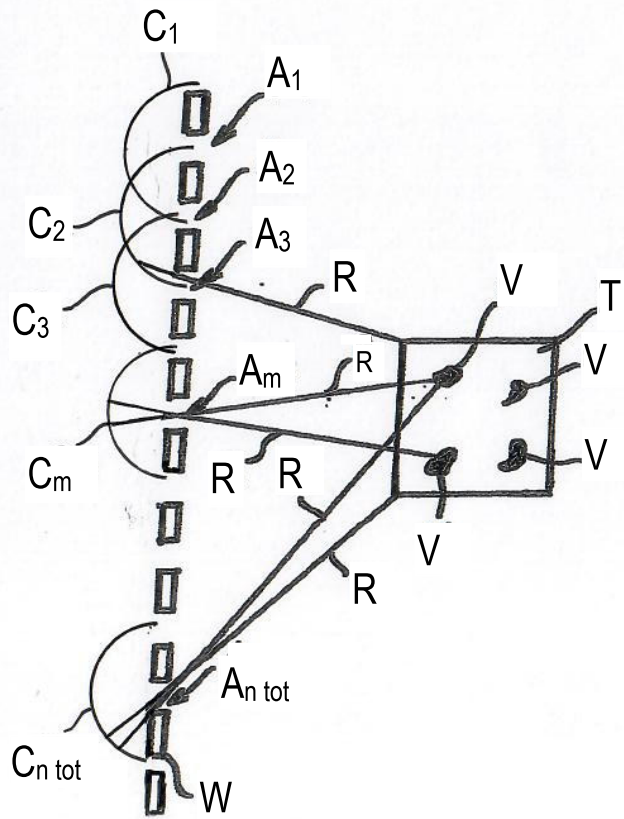


Fig. 3

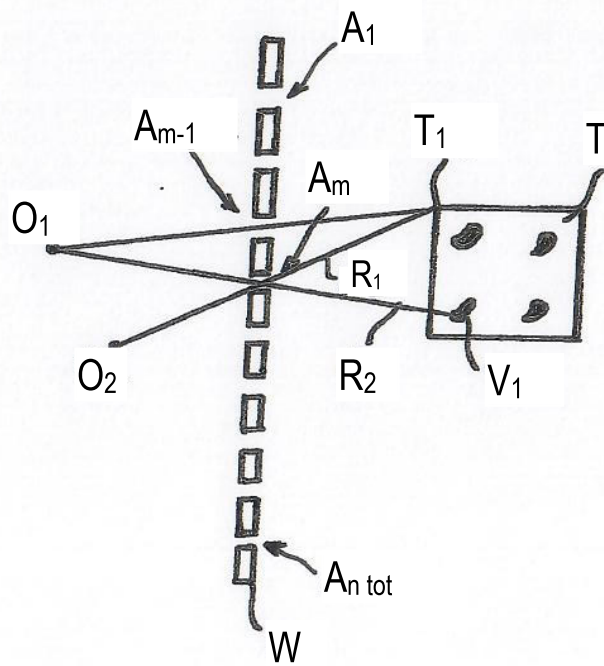


Fig. 4

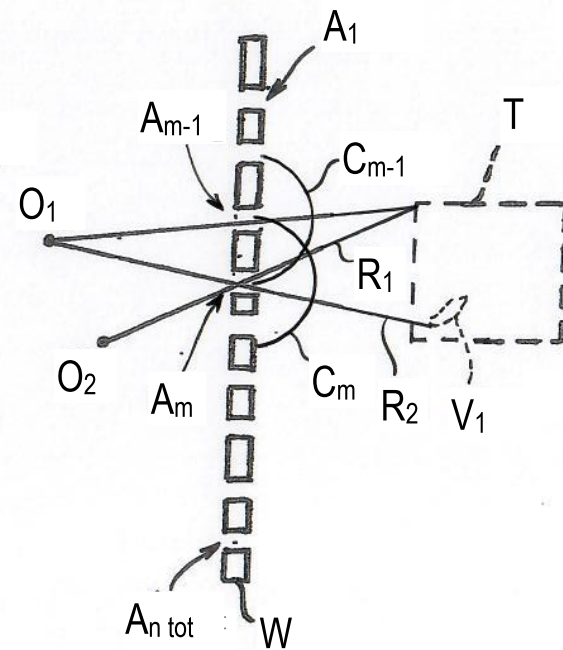


Fig. 5

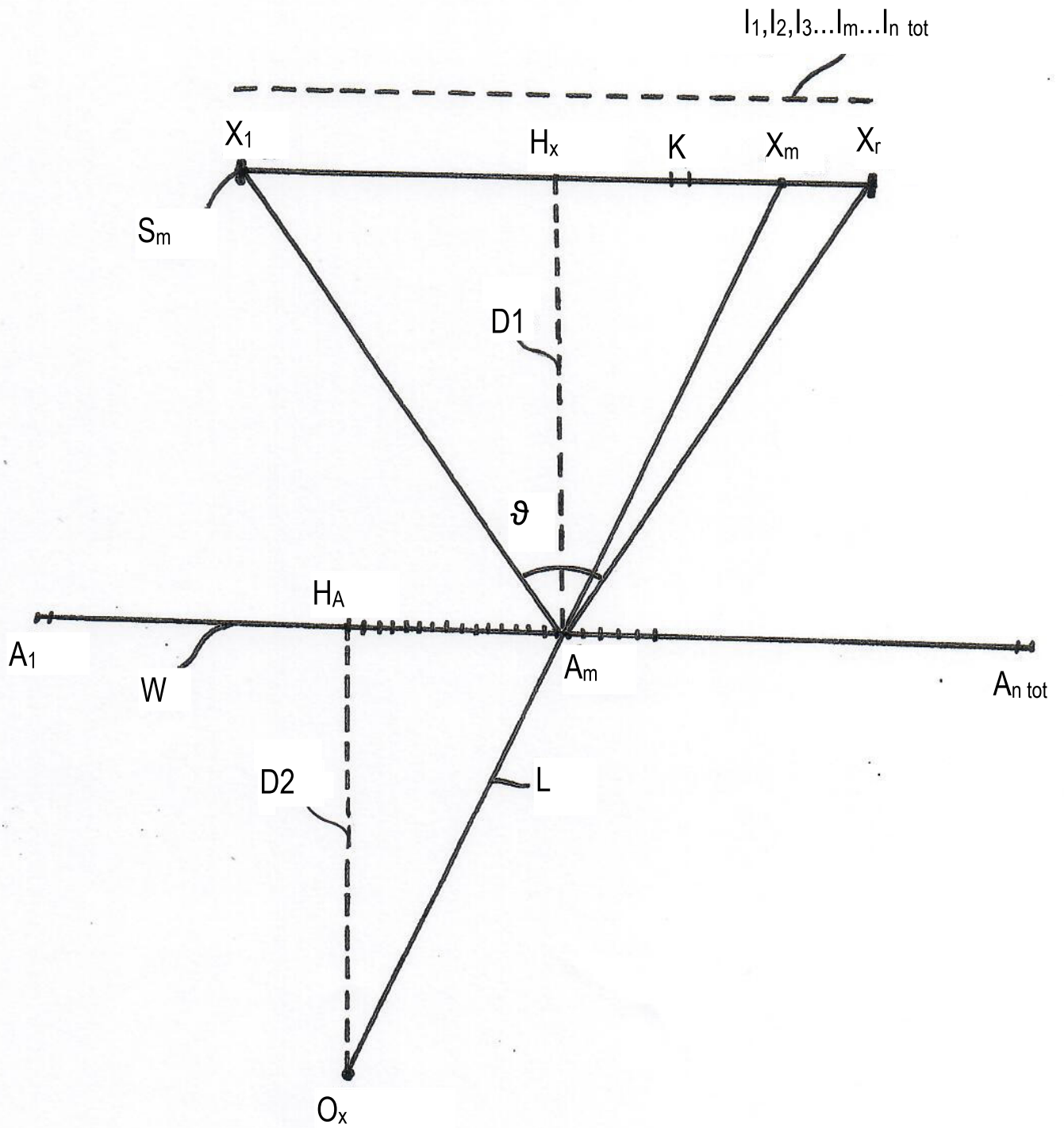


Fig. 6

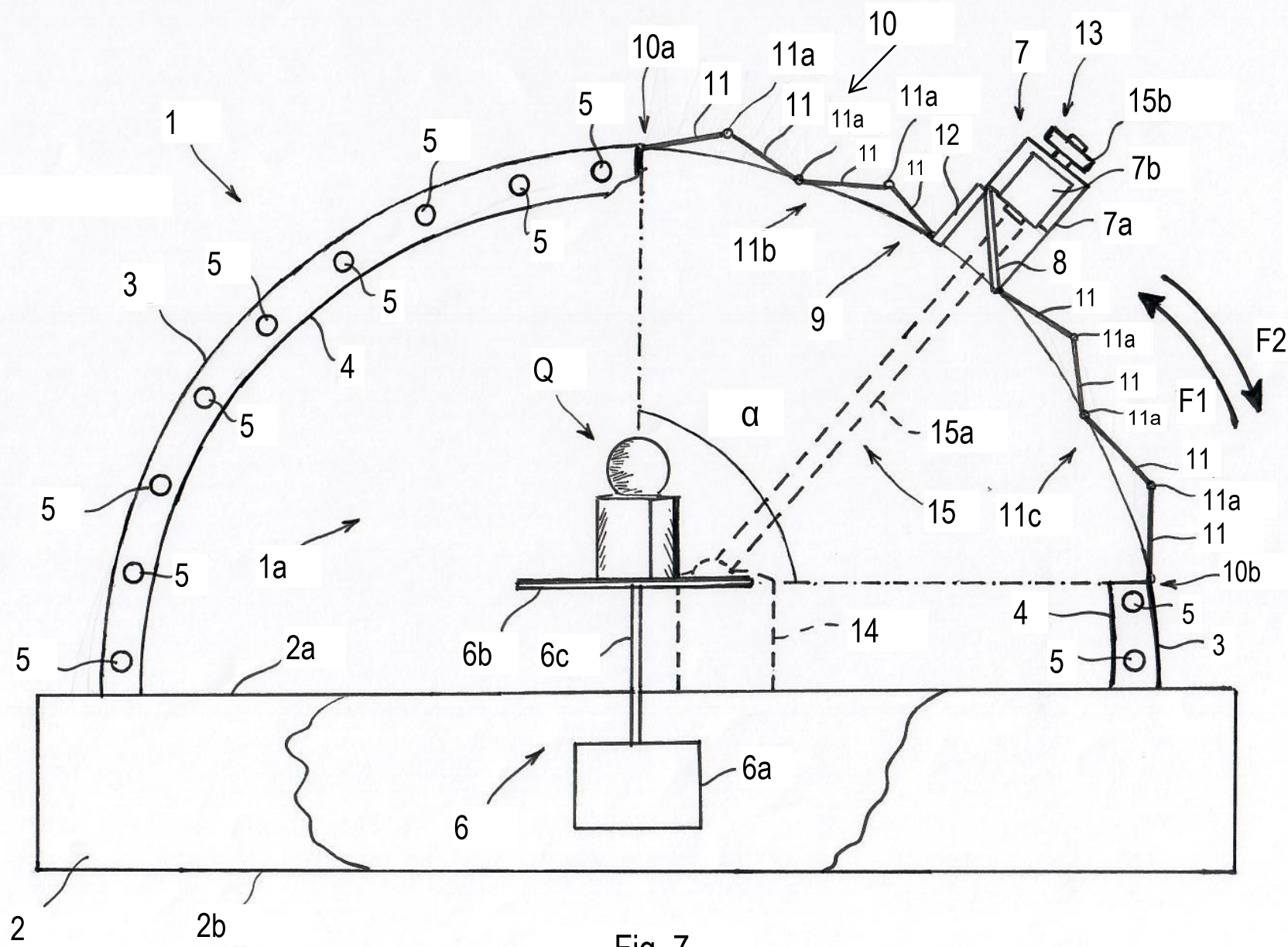


Fig. 7

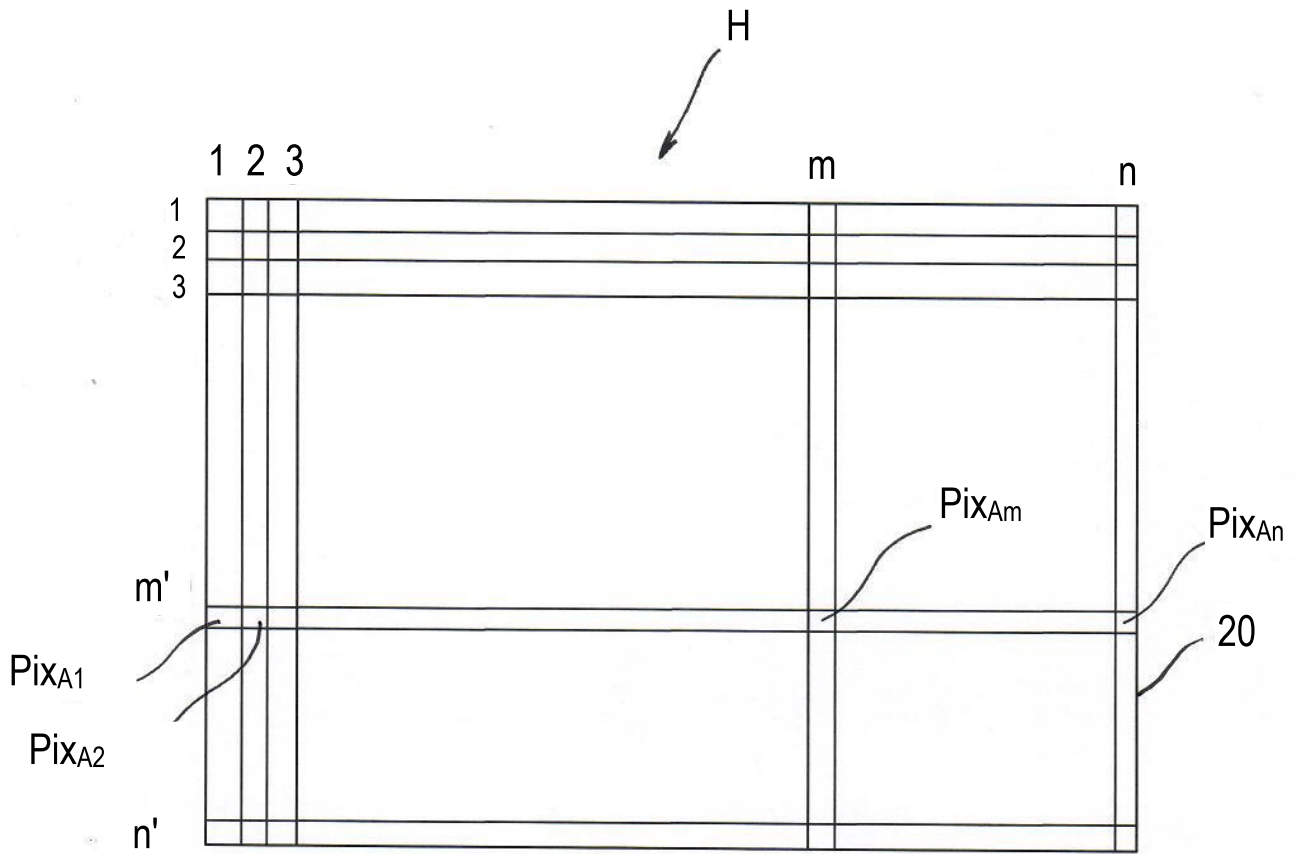


Fig. 8